

## 심해 저층트롤망의 수중형상에 관한 모형실험

박광제 · 이주희<sup>1</sup> · 김형석\*<sup>1</sup> · 정순범<sup>2</sup> · 오택윤<sup>3</sup> · 배재현<sup>4</sup>

삼신어구, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부, <sup>2</sup>전남대학교 해양생산관리학전공,

<sup>3</sup>국립수산과학원 남해수산연구소 자원관리조성팀, <sup>4</sup>국립수산과학원 수산공학팀

### A model experiment on the underwater shape of deepsea bottom trawl net

Gwang-Je PARK, Ju-Hee LEE<sup>1</sup>, Hyung-seok KIM\*<sup>1</sup>, Sun-Beom JEONG<sup>2</sup>,

Taeg-Yun OH<sup>3</sup> and Jae-Hyun BAE<sup>4</sup>

*Samsin fishing gear, Busan 619-951, Korea*

<sup>1</sup>*Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea.*

<sup>2</sup>*Marine Production Management Program, Chonnam National University, Chonnam, 550-749, Korea*

<sup>3</sup>*Fisheries Resources Management and Enhancement Team, South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yosu 556-823, Korea.*

<sup>4</sup>*Fisheries Engineering Team, NFRDI. Busan 619-902, Korea.*

A model experiment using circulation water channel was carried out to investigate the dynamic characteristics of bottom trawl net which can be used in sea mount of North Pacific. Hydrodynamic resistance and shape variation according to the flow velocity and angle of hand rope transformation for net were measured, and experimental value was analyzed as the value of full-scale bottom trawl net. The results summarized are as follows; At the 30° of angle of hand rope to net, hydrodynamic resistance varied from 0.5kgf to 2.68kgf as the flow velocity increased between 0.31m/s and 0.92m/s, and formula of hydrodynamic resistance for the model net was  $F_m = 3.04 \cdot v^{1.53}$ . At the fixed angle of hand rope, Net height was low and Net width was high according to the increase of flow velocity, and in addition, vertical opening was low and Net width was high by the increase of angle of hand rope at the fixed flow velocity. At the 30° of angle of hand rope to net, net opening area was 0.214m<sup>2</sup> as flow velocity was 0.61m/s, and formula of net opening area for the model net was  $S_m = -0.22v + 0.35$ . At the 30° of angle of hand rope to net, catch efficiency seemed to be highest as 0.139m<sup>3</sup>/s of filtering volume at the 0.76m/s(5kt's) of flow velocity. Shape variation of net showed the gradual laminar transform for the variation of flow velocity but there needed some improvements due to the occurrence of shortening at the ahead of wing net.

Key words : Bottom trawl net, Underwater shape, Model experiment

\*Corresponding author: pelamis@pknu.ac.kr Tel: 82-51-620-6119 Fax: 82-51-628-8145

## 서 론

최근 원양 어업은 1982년 유엔 해양법협약 채택과 1994년 유엔해양법의 발효에 따른 200해리 배타적 경제수역 설정, 공해상의 조업 규제강화, 어족 자원의 감소 등으로 조업어장이 축소되어, 원양어업생산량은 1992년 102만 톤에서 2003년 53만 톤으로 감소하였다(KFA: Korean Fisheries Associations, 2004).

이러한 어려운 현실을 타개하기 위하여 원양 업계에서는 신어장 개척과 미이용 해양생물자원의 개발에 주력하고 있으며, 이러한 과정에서 특히 공해상의 해산 주변과 대양 심해어장이 개발 가능한 어장으로 알려지고 있다. 그런데, 해산 주변 어장은 수심이 깊고 해저면이 불규칙하여 해저지형과 어군 탐색 능력, 숙련된 어구 제어 기술이 필요하며, 어구 또한 이러한 조업 여건에 적합하도록 설계 제작되어야 한다.

보다 효율적인 조업을 보장할 수 있는 어구 개발을 위해서는 다양한 과학적 기법을 통한 어구의 설계 및 설계된 어구의 성능 평가 및 검토가 필요하다. 특히, 어구의 성능 평가 및 검토는 수조를 이용한 실험적 방법과 컴퓨터를 활용한 수치 해석 방법을 이용할 수 있고, 이 과정은 실험 어구를 제작하여 현장에 투입하기 전에 반드시 거쳐야 하는 과정의 하나로 자리 잡고 있다.

수조를 이용한 트롤 어구의 모형그물 연구는 Fujiishi(1990), Lee(1984, 1985), Yae(1993), Jang(1996), Kwon(1995), Kim and Kim(2000) 등이 있고, 컴퓨터를 활용한 수치 해석 연구는 Lee(1994), Tanaka et al.(1991) 등이 있다. 새로운 어장에 시험적으로 사용하고자 하는 트롤그물을 이와 같은 모형그물에 의한 수조실험과 수치 해석 방법으로 시뮬레이션을 실시한 후 제작한다면, 초기 개발 시 발생할 수 있는 시행착오를 감소시키면서 신뢰성이 높은 어구를 제작할 수 있을 것이다. 그리고 어장의 특성상 어구에 대한 흐름의 변화가 심하거나, 저층트롤과 같이 해저면의 영향이 클 경우 또는 일반적인 어구 구조가

아닌 경우에는 수조실험에 의해 트롤어구의 특성을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

그러므로, 본 연구에서는 해산어장개발에 적용할 심해용 저층트롤그물의 특성에 관한 기초 연구로써 기존의 6매식 저층트롤그물을 개량한 실험어구를 설계하고, 이를 Tauti의 상사법칙에 따라 모형어구를 제작하여 수조 실험을 실시하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 어구의 수중형상 및 장력 그리고 그물의 기초적 특성을 파악하였으며, 효율적인 어구설계에 필요한 기초 자료를 제공하고 안정된 조업과 자원평가에 그 결과를 활용하고자 하였다.

## 장치 및 방법

### 실험어구

#### 실험어구

본 연구에서 실험하고자 하는 어구는 선미트롤선 503오룡호(G.T. 1,554.7ton, H.P. 3300ps)가 북태평양 중부 해산어장에서 사용할 저층트롤그물로써 수심의 변동이 심한 해산의 지역적 특성과 어획물의 분포 특성 및 조업선의 특성을 고려하여 제작된 6매식 저층트롤그물이다.

심해용 저층트롤그물은 Fig. 1과 같이 길이 71.9m이고 몸통그물은 51.9m, 끝자루그물은 20.0m이며, 트롤그물목은 어획 목표종의 어체 크기와 어장의 특수성을 고려하여 110mm - 300mm로 하였다. 힘줄은 인장강도가 34ton인 PP 50mm 로프를 사용하였으며, 몸통 그물은 망지 파손을 대비하여 고장력 PE를 사용하였다. 특히, 날개그물은 일반적인 저층트롤그물에 비하여 길이를 짧게 설계하였고, 파손의 우려가 높은 날개그물 1, 2, 3번과 몸통 그물의 밑판은 16mm PE 로프로 수평방향 망지를 사용하여 보강하였으며, 날개 그물 앞 깃대에는 컴파운드 로프 대신 체인을 사용하였다. 끝자루는 PE. 260Td, 390합사인 망목 크기 110mm의 망지를 두 겹으로 하여 제작하였다.

그리고 해산어장에서 이 어구의 최대 조업 수

심이 1,500m 정도이므로 이러한 조업 환경에 맞도록 뜰과 발들을 적절히 배치하였다.

뜰줄은 비중이 낮으면서도 강도가 큰 50mm 고강력 PP 로프에 직경 360mm인 800m용 뜰 58 개를 Fig. 2와 같이 배치하였고, 수중 부력은

995.2kg이다. 발줄은 Fig.3에 나타난 것과 같이 길이가 56m이고, 재질은 거친 암반에서도 조업할 수 있도록 800mm rubber ball과 700mm SARA형 보빈 그리고 트럭 타이어를 조합하여 제작하였다. 체인은 고강력 합금(Alloy steel, Grade 100)

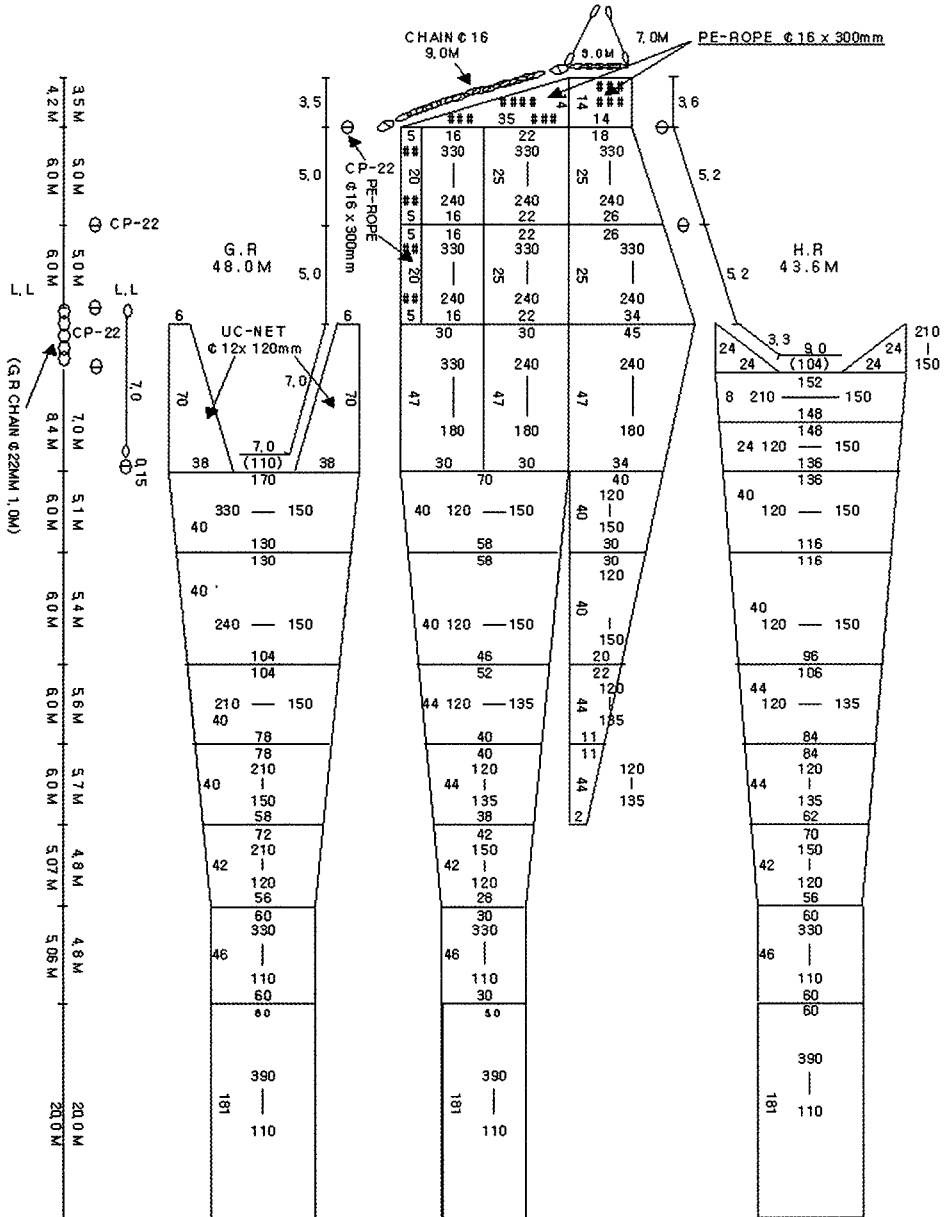


Fig. 1. General arrangement of the full-scale bottom trawl net.

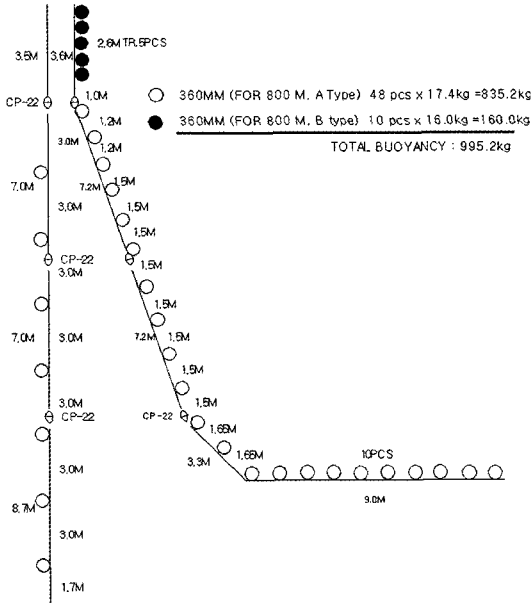


Fig. 2. Schematic drawing of head rope for bottom trawl net.

재질의 제품을 사용하였으며, 발줄의 수중 증량은 1,876kg이다.

모형어구

본 모형실험에 사용한 모형어구는 Tauti의 어구상사법칙에 맞추어 제작하였다. 축소비 AZA는 수조의 규모, Scale effect 등을 고려하여 1/30로 하였다.

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = A \quad (1)$$

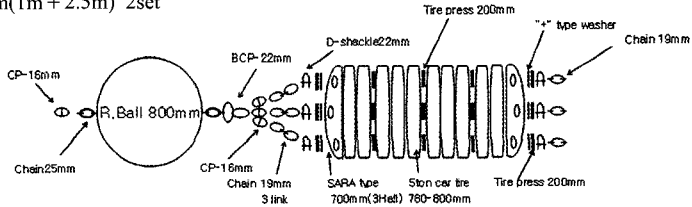
$$\frac{d_1}{l_1} = \frac{d_2}{l_2} \quad (2)$$

$$V^2 = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{d_2(\rho_2 - 1)}{d_1(\rho_1 - 1)} \quad (3)$$

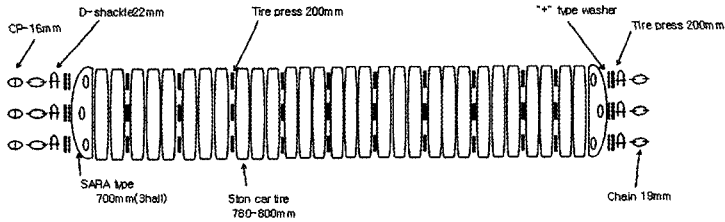
$$F = A^2 V^2 \quad (4)$$

여기서,  $\lambda_1$ 과  $\lambda_2$ 는 각각 실물과 모형의 각부치

- 1) 1st and 4th-2 3.5m(1m + 2.5m) 2set



- 2) 2nd and 3rd 5.0m 2set



- 3) Center and 4th-1 3.5m 2set

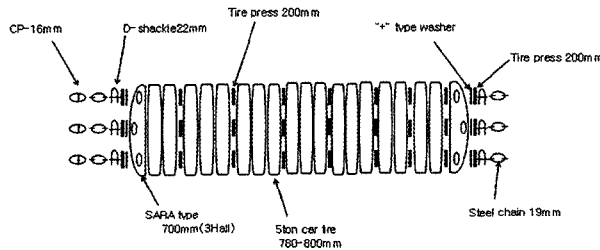


Fig. 3. Schematic drawing of ground rope for bottom trawl net.

수이며,  $l_1, d_1$ 과  $l_2, d_2$ 는 각각 실물과 모형 망지에서 그물코의 한발의 길이와 그물실의 직경이고,  $V$ 는 유속비,  $v_1$ 과  $v_2$ 는 각각 실물과 모형에서의 유속이고,  $F$ 는 부력, 침강력 및 유체저항의 비이다.

실물 어구에서 망지의 재질은 폴리에틸렌(비중 0.95)과 폴리프로필렌(비중 0.91)이므로, 모형 어구를 제작할 때에도 이러한 점을 고려하여 비중은 비슷하고 실의 굵기는 가는 고장력 PE

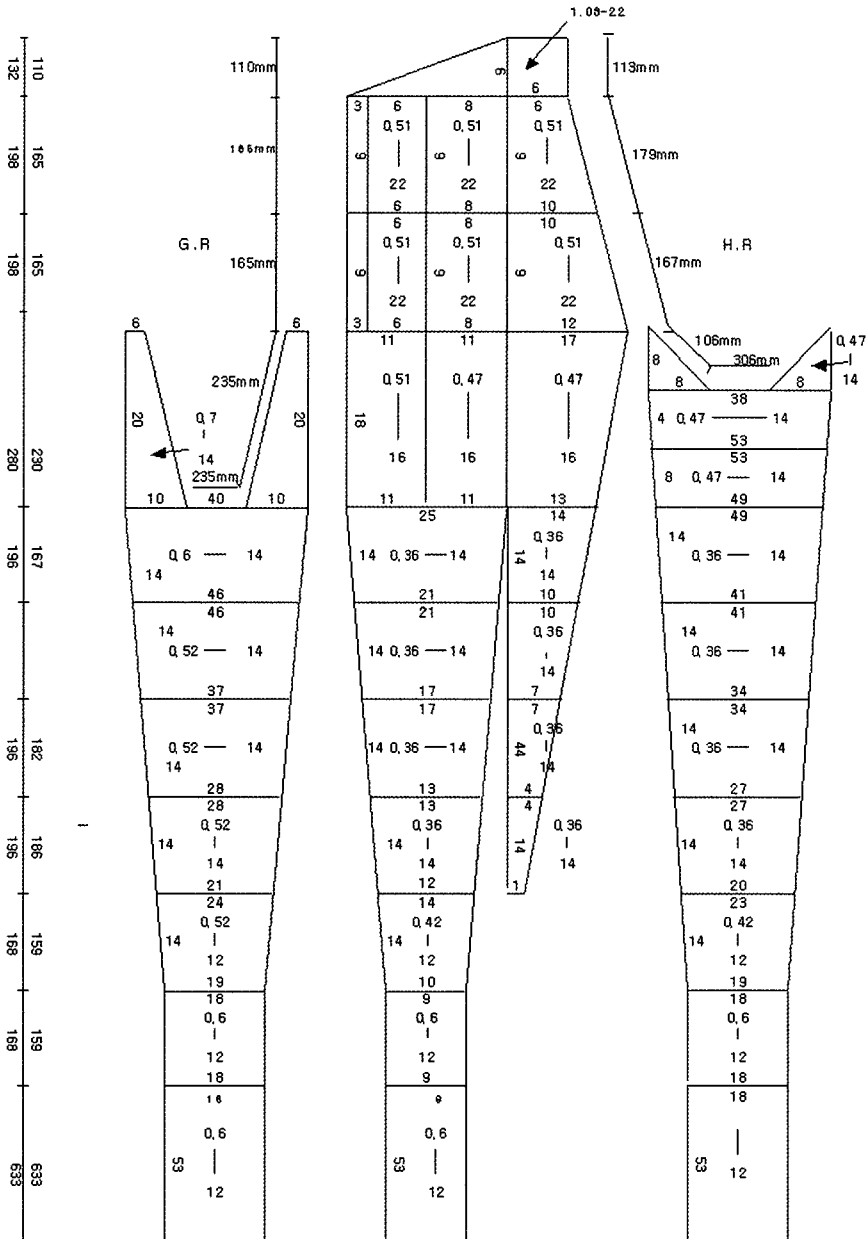


Fig. 4. General arrangement of the model trawl net.

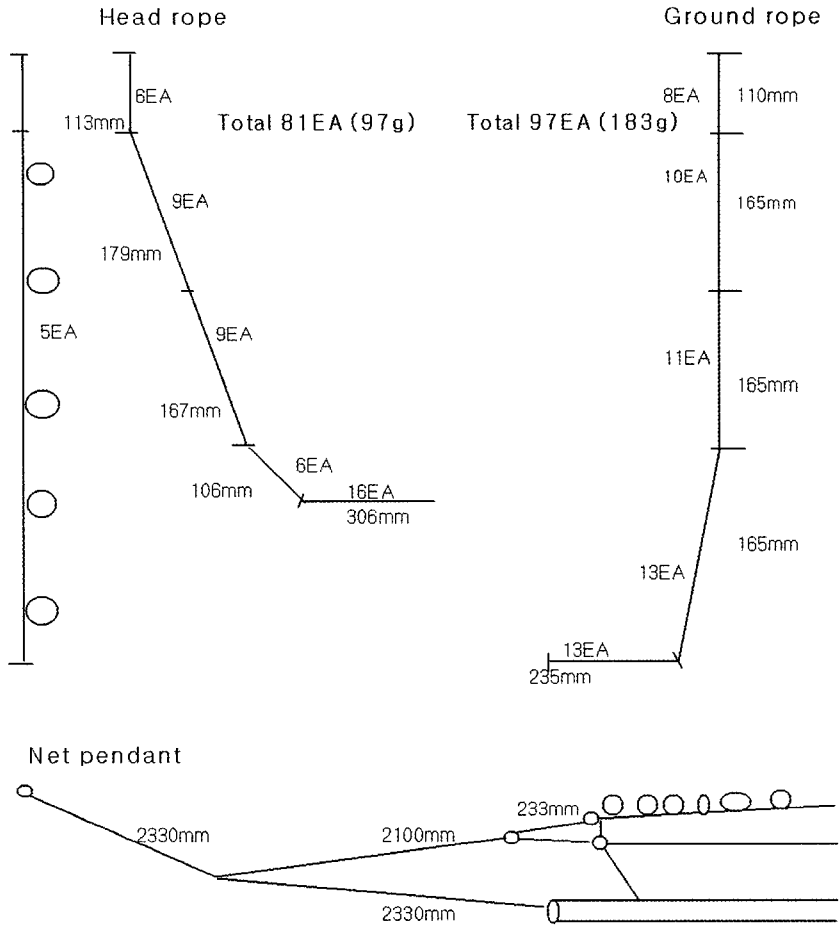


Fig. 5. Schematic drawing of Head rope, Ground rope and net pendant arrangement for the model trawl net.

Table 1. The model net of the Tauti's similarity ratio

Item	Value
$\Lambda$	1/30
$d/l$	proto type $\frac{d}{l} = 0.067$
	model $\frac{d}{l} = 0.062$
$V = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$	0.297
$F = \Lambda^2 V^2$	$9.78 \times 10^{-5}$

(Dyneema twine)를 사용하였다. 본 실험에서 재질의 밀도는 동일한 것으로 간주하였다. 또한, 그물실의 굵기는 그물 각 부위의  $d_2/d_1$ 을 계산하

여 그 평균값을 취하였다. 실험에 사용된 모형어구의 Tauti 상사법칙에 따른 상사비는 Table 1과 같다. 본 수조실험에 사용할 모형그물은 Fig. 4에 나타난 것과 같이 전체길이가 2,332mm이고, 뜸의 부력은 97g, 발들의 침강력은 183g이며, 뜸과 발들의 배치는 Fig. 5에 나타난 것과 같이 실물어구의 배치와 유사하도록 제작하였다.

#### 회류 수조

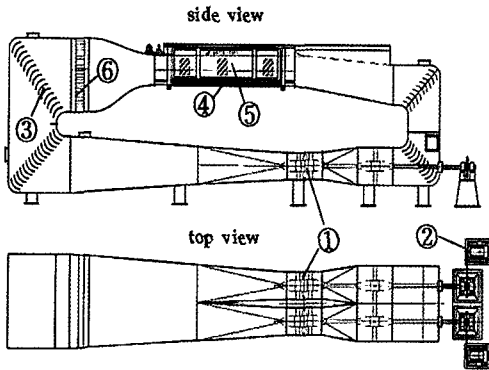
실험 수조는 국립수산과학원의 수직순환형 회류수조로서 수조의 기본적인 사양과 구성을 Table 2와 Fig. 6 그리고 Fig. 7에 나타내었다.

수조 본체의 크기는 25.1×4.5×8.3m이고 약

280ton의 물을 적재하고 있으며 관측창의 크기는  $8.0 \times 2.8 \times 1.4\text{m}$ 이다. 설정 가능한 유속은  $0.1 - 3.0\text{m/s}$ 이며, 단면 유속분포는  $1.04\text{m/s}$ 에서

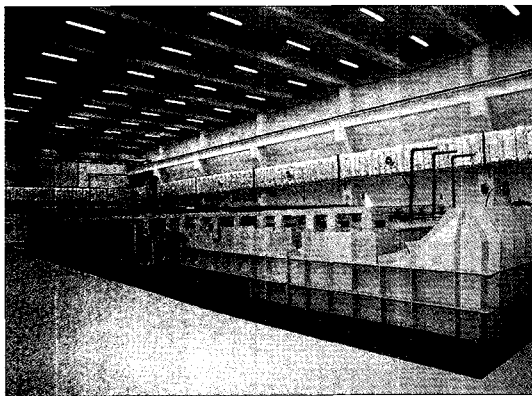
**Table 2. Principal characteristics of circulating water channel**

Terms	Specifications
Water capacity (ton)	280
Measuring window (m) depth (m)	$8.0(\text{L}) \times 2.8(\text{B}) \times 1.4(\text{H})$
Current velocity (m/s)	0 - 3
Impeller & motor	2 impellers(4 blades), AC 90kW $\times$ 2



**Fig. 6. Schematic drawing of vertical circulating water channel.**

- ① impeller
- ② AC motor
- ③ guide vane
- ④ under observation panel
- ⑤ side observation panel
- ⑥ honeycomb



(a) side view

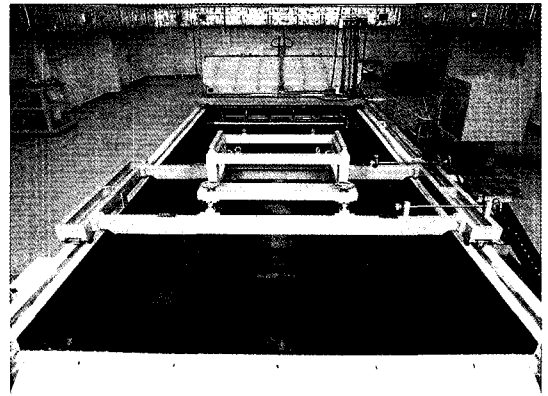
$\pm 2.0\%$ ,  $2.05\text{m/s}$ 에서  $\pm 1.0\%$ 이내이다. 고속기동이 가능하며 이를 위하여 기포제거장치, 표면류 가속장치, 제파판 등이 설치되어 있다.

유입부의 형상은 일반적인 회류수조와 달리 3차원 노즐 형태로 제작되어 있으며, 관측영역은 수면부를 제외한 삼면에 투명한 관측창을 설치하여 실험 과정의 관측이 가능하도록 제작되어 있다.

**측정장비**

심해용 저층 트롤어구의 전체적인 구성을 결정하기 위한 모형실험에서는 모형그물의 크기가 클수록 모형그물의 역학적 특성 파악에 유리하다는 점을 고려하여 전개판과 후릿줄 부분을 제외하고, 그물과 그물목줄만으로 모형어구를 제작하여 실험하였다.

수조의 유속은 제어반에서 설정하고, 프로펠러식 유속계 (VOT 2-200-20, Kenek)를 사용하여 정확한 유속을 확인하였다. 유속의 설정은 Tauti의 상사법칙에 따라 속도비를 0.3으로 하였으며, 실험 수조에서의 유속은 그물의 실제 예망 속도 구간인 2-6kt's에서 1kt 단위로 속도를 환산하여 측정하였다. 해상에서의 예망 속도와 회류수조의 메인모터 회전수와 상사비에 의한 실험유속은 Table 3과 같다.



(b) upper view

**Fig. 7. The view of vertical circulating water channel.**

**Table 3. Flow speed by main motor revolution(rpm)**

Towing Speed (Knot)	MAIN Motor (RPM)	Experimental Flow Speed (m/s)
2.0	25	0.31
3.0	36	0.46
4.0	45	0.61
5.0	59	0.76
6.0	71	0.92

**Table 4. Relationship between the angle of hand rope and distance of strut bar**

Angle of hand rope	20°	25°	30°	35°
Distance of Strut bar (mm)	1,450	1,782	2,120	2,432

수조용 디지털저(DHSM - A, D.H. Systech)를 사용하여 측정하였다.

실험에서는 유속과 그물의 전개각에 따른 망고와 망폭 그리고 그물의 저항을 측정하였고, 망구면적은 그물입구의 망고와 망폭을 곱하여 구하였으며, 측면과 바닥면 관측창에 카메라를 설치하여 형상변화를 촬영하였다.

모형 그물의 전개각은 일반적으로 알려진 트롤어구의 전개각 범위에서 5° 간격인 20°, 25°, 30°, 35°로 설정하였으며, 이 때 스트럿 바의 간격은 각각 1450mm, 1792mm, 2120mm, 2432mm이다(Table 4).

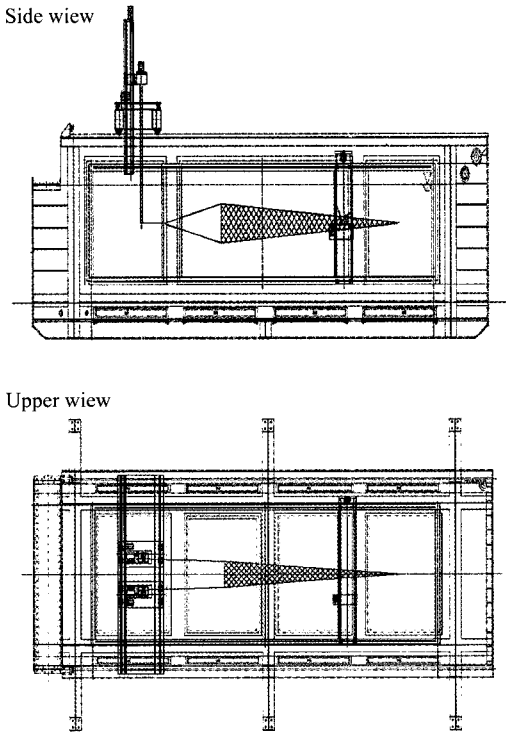
자료의 분석은 상사법칙에 의해서 유속 및 유체 저항값 그리고 망고와 망폭을 환산하였다.

### 결과 및 고찰

#### 모형그물의 유체저항

설정된 유속에서 어구의 전개각을 변화시키면서 측정된 모형그물의 유체저항 변화를 Table 5와 Fig 9에 나타내었다. 유속 0.31m/s에서 저항은 0.44 - 0.54kgf, 유속 0.46m/s에서 저항은 0.81 - 0.95kgf, 유속 0.61m/s에서 저항은 1.28 - 1.46kgf, 유속 0.76m/s에서 저항은 1.85 - 2.10kgf, 유속 0.92m/s에서 저항은 2.48 - 2.78kgf로 나타나 유속이 일정한 경우 전개각이 커질수록 유체 저항이 커지는 경향을 보였다.

각각의 전개각에서 유속을 0.31 - 0.92m/s의 범위에서 변화시켰을 때의 저항을 Table 5와 Fig. 10에 나타내었다. 전개각 20°에서 저항의 변화는 0.44 - 23.48kgf, 전개각 25°에서 저항의 변화는 0.46 - 2.59kgf, 전개각 30°에서 저항의 변화는 0.50 - 2.68kgf, 전개각 35°에서 저항의 변화는 0.54 - 2.78kgf로 유속이 빨라질수록 모형어구의 저항은 커지는 경향을 보였다. 이와 같



**Fig. 8. Schematic drawing of experimental equipments.**

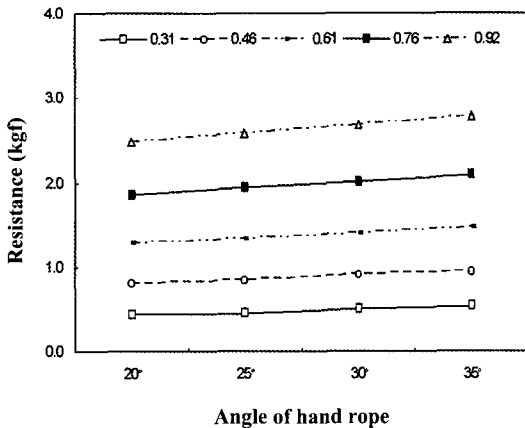
실험 장치 및 모형 그물의 설치를 Fig. 8에 나타내었다.

모형그물의 저항은 수중장력계(DHS - 5K, D.H.Systech)를 이용하여 측정하였고, 스트럿 바(Strut bar)의 하단 양쪽에 각 1개씩 설치된 수중장력계에서 미세신호를 취득하여 증폭기를 이용하여 증폭하고 컴퓨터의 16bit A/D변환기(DAQCard - AI - 16XE - 50, NI)를 거쳐 컴퓨터에 저장되도록 하였다. 또한, 실시간 데이터 취득용 프로그램을 이용하여 유속변화에 따른 그물의 저항 변화를 측정하였고, 망고 및 망폭은 회류

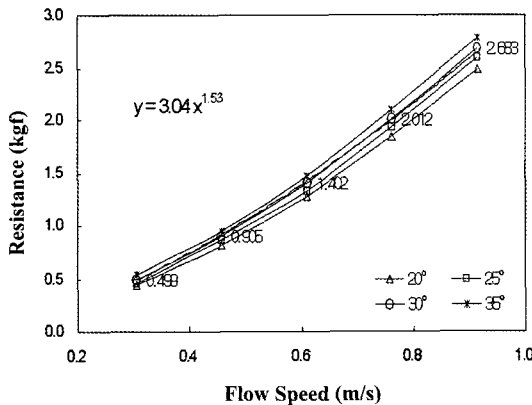


**Table 5. Relationship between hydrodynamic resistance (kgf) and flow speed as a function of angle of hand rope**

Angle of hand rope Flow speed (m/s)	20°	25°	30°	35°
0.31	0.44	0.46	0.50	0.54
0.46	0.81	0.85	0.91	0.95
0.61	1.28	1.33	1.40	1.46
0.76	1.85	1.94	2.01	2.10
0.92	2.48	2.59	2.68	2.78



**Fig. 9. Relationship between hydrodynamic resistance and angle of head rope.**



**Fig. 10. Relationship between hydrodynamic resistance and flow speed.**

이 유속(예인속도)이 빨라지면 저항이 증가한다는 결과는 Yac(1993)의 연구에서도 확인할 수 있다.

모형망의 예망속도에 따른 어구의 유체저항

F(kgf)와 예망속도 V(m/s)와의 관계는 식(5)와 같이 포물선으로 나타낼 수 있으며, a와 b는 실험값에서 최소자승법으로 구할 수 있다.

$$F = a \cdot v^b \quad (5)$$

그물의 전개각이 30°일 때 모형그물의 유체저항 (F<sub>m</sub>)을 구하면 다음과 같으며, 결정계수 (R<sup>2</sup>)는 1.00으로 나타났다.

$$F_m = 3.04 \cdot v^{1.53} \quad (6)$$

식 (6)에서 Tauti의 상사비를 이용하여 실물어구의 유체저항 F<sub>I</sub>를 구하면 다음과 같다.

$$F_I = 1739 \cdot v^{1.53} \quad (7)$$

그물의 전개각 30°에서 실제 유속이 4knot(실험유속 0.61m/s)이면 실물어구 그물의 저항값은 14,339kgf(모형실험 유체저항값 1.4kgf)로 예측할 수 있다. 이러한 그물의 유체저항은 MOMAF(1998)에서 보고한 3300ps급 북태평양 중층트롤그물의 그물저항이 약 14,000kgf인 것을 감안하면, 본 해산어장 시험선이 이 트롤그물 예망하는데 큰 어려움은 없을 것으로 생각된다.

### 모형그물의 형상 변화

망고

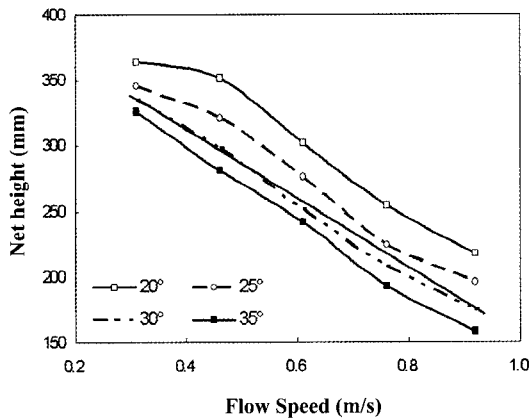
모형망의 전개각과 유속변화에 따른 모형그물의 망고 변화실험에서 각각의 전개각에서 유속을 0.31 - 0.92m/s로 변화시킨 경우 망고의 변화를 Table 6과 Fig. 11에 나타내었다. 전개각 20°에서 망고는 365 - 218mm(10.95 - 6.54m, 이하 괄호안의 숫자는 실물어구로 환산값을 나타낸 것임), 전개각 25°에서 망고는 346 - 196mm(10.38 - 5.88m), 전개각 30°에서 망고는 336 - 175mm(10.08 - 5.25m), 전개각 35°에서 망고는 326 - 159mm(9.78 - 4.77m)로 유속이 빠를수록 망고는 낮아지는 경향을 보였다. 트롤 조업선이 어장에서 일반적으로 사용하는 전개각이 30°에서의 예망속도에 대한 망고(H)는 H = 419.56 - 270.5v (R<sup>2</sup> = 0.996)로 나타났다. 이와 같

이 유속(예인속도)의 증가에 비례하여 망고가 감소하는 것은 모형그물에서 받는 유체저항이 커짐으로 발줄은 올라가고 뜰줄은 내려오기 때문인 것 같다.

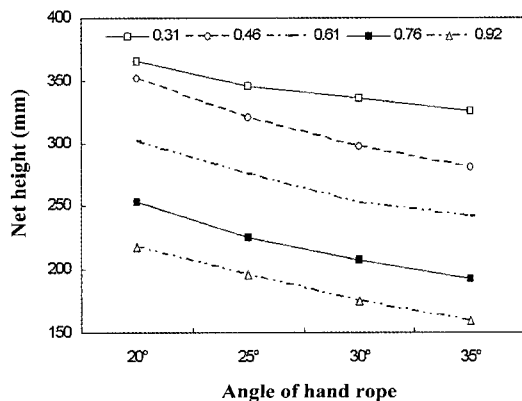
각각의 유속에서 전개각을 변화시킬 때 망고의 변화를 Fig. 12에 나타내었다. 유속 0.31m/s에

**Table 6. Relationship between net height(mm) and flow speed as a function of angle of hand rope**

Angle of hand rope Flow speed (m/s)	20°	25°	30°	35°
0.31	365	346	336	326
0.46	352	321	298	281
0.61	302	276	252	242
0.76	254	225	208	193
0.92	218	196	175	159



**Fig. 11. Relationship between net height and flow speed.**



**Fig. 12. Relationship between net height and angle of hand rope.**

서 망고는 365 - 326mm(10.95 - 9.78m), 유속 0.46m/s에서 망고는 352 - 281mm(10.56 - 8.43m), 유속 0.61m/s에서 망고는 302 - 242mm(9.06 - 7.26m), 유속 0.76m/s에서 망고는 254 - 193mm(7.62 - 5.79m), 유속 0.92m/s에서 망고는 218 - 159mm(6.54 - 4.77m)로 일정한 유속에서는 전개각이 커질수록 망고가 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같이 일정한 유체흐름 속도(예망속도)에서 전개각이 커질수록 망고가 낮아지는 것은 Fig. 8의 결과와 같이 유체저항이 증가되기 때문이다.

이러한 결과는 Jang(1995)이 망고와 유속과의 관계는 반비례의 관계가 있다고 한 것과 일치한다.

**망폭**

모형망의 전개각과 유속변화에 따른 모형그물의 망폭 변화실험에서 각각의 전개각에서 유체흐름 속도를 0.31 - 0.92m/s로 변화시킨 경우 망폭의 변화를 Table 7과 Fig. 13에 나타내었다. 전개각 20°에서 망폭은 659 - 692mm(19.77 - 20.76m), 전개각 25°에서 망폭은 753 - 788mm(22.59 - 23.63m), 전개각 30°에서 망폭은 837 - 872mm(25.11 - 26.16m), 전개각 35°에서 망폭은 910 - 948mm(27.30 - 28.44m)로 유속이 빠를수록 망폭은 커지는 경향을 보였다. 일반적으로 저층 트롤 조업선이 사용하는 4.0kt에서의 망폭(W)은 ( $R^2 = 0.997$ )로 나타났다. 이와 같이 유속(예인속도)의 증가에 비례하여 망폭이 증가하는 것은 그물이 받는 물의 압력이 그물을 벌리는 양력(전개력)으로 작용하기 때문이다.

**Table 7. Relationship between net width(mm) and flow speed as a function of angle of hand rope**

Angle of hand rope Flow speed (m/s)	20°	25°	30°	35°
0.31	659	753	837	910
0.46	673	770	848	925
0.61	678	772	848	927
0.76	688	780	859	931
0.92	692	788	872	948

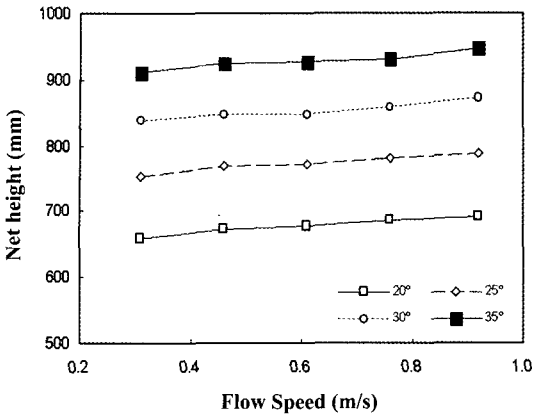


Fig. 13. Relationship between net width and flow speed.

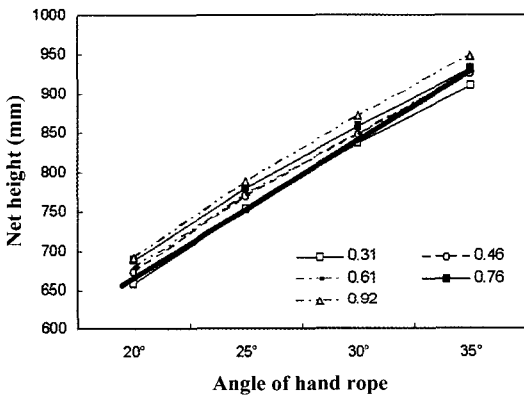


Fig. 14. Relationship between net width and angle of hand rope.

각각의 유속에 있어서 그물의 전개각을 변화시켰을 때의 망폭 변화는 Fig. 14와 같다. 유속 0.31m/s에서 망폭은 659 - 910mm(19.77 - 27.30m), 유속 0.46m/s에서 망폭은 673 - 925mm(20.19 - 27.75m), 유속 0.61m/s에서 망폭은 678 - 927mm(20.34 - 27.81m), 유속 0.76m/s에서 망폭은 688 - 931mm(20.64 - 27.93m), 유속 0.92m/s에서 망폭은 692 - 948mm(20.76 - 28.44m)로 일정한 유속에서는 전개각이 커질수록 망폭이 커지는 경향을 보였다. 이와 같이 일정한 유속(예인속도)에서 전개각이 커질수록 망폭이 증가하는 것은 모형그물에서 받는 물의 압

력이 그물을 벌리는 양력(전개력)으로 작용하기 때문이다. 이러한 결과는 Jang(1996)의 연구와도 일치한다. 그리고 모형 그물의 망폭의 변화는 유속보다 전개각의 변화에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

#### 망구 면적

자원조사용 트롤어구에 있어서 망구면적은 어획량으로부터 자원량을 평가하는데 있어서 중요한 지표가 된다. 특히 본 연구에서와 같이 시험 조업을 행할 어구에서 망구 면적과 예망 속도는 어획 효율을 결정하는 중요한 요소로서 망구 형상과 더불어 어획량을 좌우하는 매우 중요한 요소이다.

전개각 30° 일 때 유속에 따른 모형그물의 형상 변화를 수조 관측창에서 촬영한 사진을 Fig. 15에 나타내었다. 그림에서는 Fig. 11에서 나타낸 실험 결과인 유속이 증가하면 망고가 낮아지는 현상을 확인할 수 있다. 또한, 날개 그물의 앞부분이 상당한 주름이 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 이러한 현상은 유속이 증가할수록 심해지는 것으로 나타났다. 이러한 문제는 저층트롤 그물을 해산어장 조업에 적합하도록 날개그물을 개량하면서 발생한 것으로 추정된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 주름이 발생하는 부분의 망지 사단을 검토하여 주름을 제거하여야 할 것으로 생각된다.

망구의 면적은 뜰줄과 발줄의 중앙부에서의 망고와 망폭을 각각 타원형의 종축과 횡축이라고 보고, 각각의 전개각에서 유속의 변화에 따른 망구 면적의 변화를 Fig. 16에 나타내었다. 이 그림에서 Fig. 15의 결과인 유속이 증가함에 따라 그물의 망폭이 점진적으로 증가함을 확인할 수 있었다.

망구형상 중에서 가장 중요한 망구면적을 유속의 변화에 따라 나타내면 Fig. 16과 같다. 망구 면적은 유속이 빨라짐에 따라 직선적으로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 각각의 전개각에

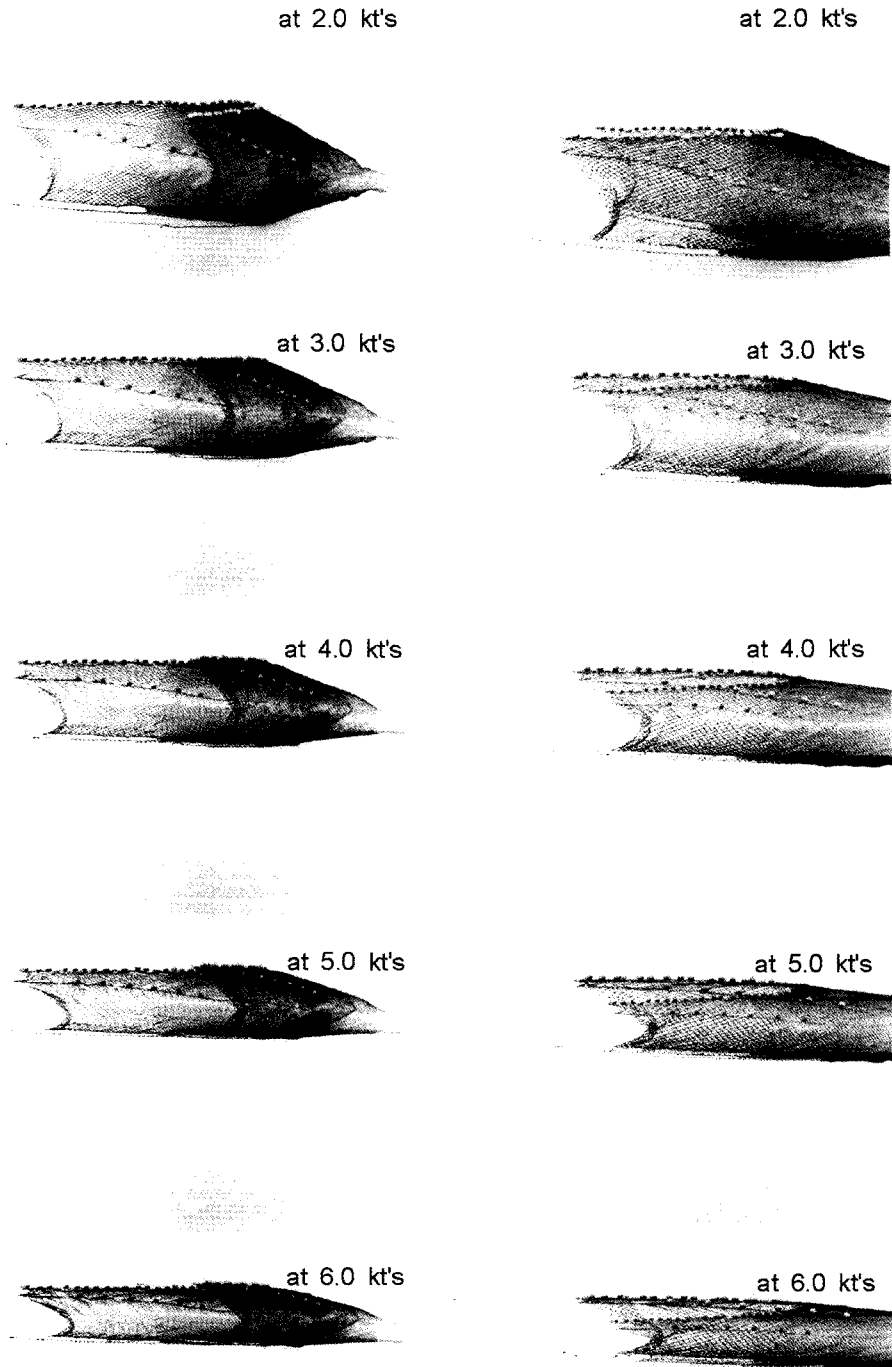


Fig. 15. Net shape according to flow speed of angle of hand rope 30°.

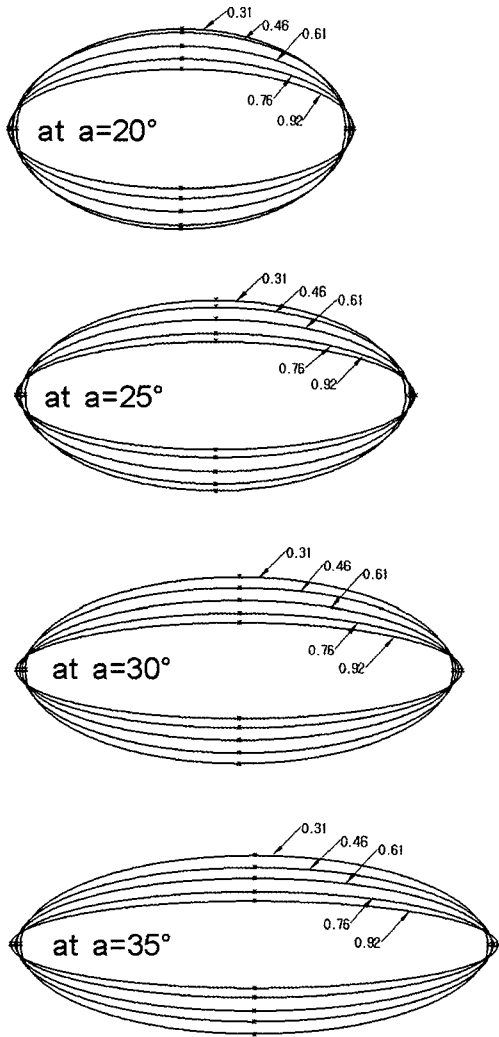


Fig. 16. Net mouth shape in the model net with the flow speed increasing as a function of angle of hand rope.

서 유속이 느린 경우에는 망구면적의 차이가 있었으나, 유속이 증가하면 망구 면적의 차이가 줄어들어 가는 것으로 나타났다.

이와 같이 유속에 따라 변화는 망구면적 ( $S_m$ )은 트롤선이 어장에서 일반적으로 사용하는 전개각이  $30^\circ$ 에서의 망구면적 ( $S_m$ )은

$$S_m = -0.22v + 0.35 \text{ 나타났다.}$$

한편 어획성능은 망구면적만으로 비교하기 곤란하며, 망구면적에 예망속도를 곱한 단위 시

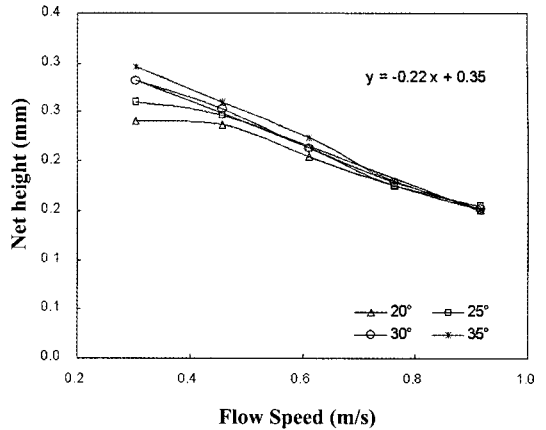


Fig. 17. Relationship between mouth area and flow speed.

간 동안의 여과수량( $m^3$ )에 크게 지배된다고 볼 수 있다. 전개각이  $30^\circ$ 에 있어서 여과 수량은 유속  $0.31m/s$ (실물유속  $3kt's$ )에서  $0.087 m^3/s$ , 유속  $0.46m/s$ (실물유속  $3kt's$ )에서  $0.114m^3/s$ , 유속  $0.61m/s$ (실물유속  $4kt's$ )에서  $0.132m^3/s$ , 유속  $0.76m/s$ (실물유속  $5kt's$ )에서  $0.139m^3/s$ , 유속  $0.92m/s$ (실물유속  $6kt's$ )에서  $0.136m^3/s$ 로 나타났다. 유속  $0.76m/s$ (실물유속  $5kt's$ )에서 여과 수량이 가장 높은 것으로 보아, 이 예망속도에서 어획 효율이 높을 것으로 판단된다.

이상의 실험에서 본 어구는 해산어장에서 일반적인 저층트롤그물처럼 장기간 해저 바닥을 인망하지 않고, 해산에 붙어 있는 어군을 찾아 퍼 올리는 중층트롤조업의 조업형태를 띠고 있으므로 시험 결과를 고려하여 현장에 사용될 어구를 제작하는 것이 합리적인 것으로 판단되었다.

## 결 론

북태평양 해산어장에 사용할 저층트롤그물의 역학적 특성을 파악하기 위하여 회류수조를 이용하여 모형어구 실험을 실시하였다. 수조 실험은 유속과 그물의 전개각 변화에 따른 그물의 유체저항과 형상변화를 측정하였으며, 그 실험값을 실물 어구의 값으로 해석하여 보았다. 그 결과는 다음과 같다. 그물의 전개각이  $30^\circ$ 일 때 실

힘 유속을 0.31m/s에서 0.92m/s까지 증가할수록 그물의 유체저항은 0.5kgf에서 2.68kgf까지 증가하였으며, 그물모형의 유체저항은 식 와 같다. 일정한 전개각에서는 실험 유속이 증가하면 망고는 낮아지고, 망폭은 커지는 것으로 나타났고, 일정한 유속에서 전개각이 증가 하면 망고는 낮아지고 망폭은 증가 하는 것으로 나타났다. 그물의 전개각이 30° 에서 유속 0.61m/s일 때 망구면적은 0.214m<sup>2</sup>이며, 모형망의 망구면적은 식 와 같다. 그물의 전개각이 30° 에서 망구의 여과량은 0.76m<sup>3</sup>/s(실물유속 5kt/s)일 때 0.139m<sup>3</sup>/s로 어획효율이 가장 높을 것으로 나타났다. 그물의 형상변화는 유속의 변화에 점진적인 선형변화를 보여주었으나, 날개그물의 앞부분의 주름이 발생하여 이를 개선할 필요가 있었다.

### 참고문헌

- Fujiishi, A., 1990. Model tests of high speed midwater trawls with large meshes. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(5), 743 – 747.
- Jang, C.S., 1996. A study on the opening efficiency and the operational character of midwater pair. Department of Fisheries physics, Graduate School, National Fisheries University of Busan, 3 – 122.
- Kim, J.M. and J.K. Kim, 2000. Model test on the opening efficiency of the midwater pair trawl net. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 36(2), 73 – 88.
- Korean Fisheries Associations(KFA), 2004. Korea fisheries yearbook. Report of KFA, 1 – 476.
- Kwon, B.G., 1995. Model test on the high performance of the midwater pair trawl net. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 31(4), 340 – 349.
- Lee, B.G. and D.J. Lee, 1993. Offshore drag net · trawl. Taehwa Publication Com., 26 – 46.
- Lee, C.W., 1994. Fuzzy logic control for a simplified trawl system. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 30(3), 189 – 198.
- Lee, J.H., 1984. Fundamental studies on the net – shape of the drag – II, On the section shape of the simplified model of the bag net in four – point suspension. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 20(2), 65 – 71.
- Lee, J.H., 1985. Fundamental studies on the net – shape of the drag – III, The relationship between the section shape and the porosity of netting in the bag net. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 21(2), 89 – 98.
- Ministry of Maritime Affairs & Fisheries(MOMAF), 1998. Development of the trawl gear design system and automatic towing control system using computer. 129 – 157.
- Tanaka E., K. Matuda and N. Hirayama, 1991. A simulation model of gear efficiencies of trawlers for flatfish, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(6), 1019 – 1028.
- Yae, Y.H., 1993. A model experiment on the basic efficiency of midwater rope trawl net. Department of Fisheries physics, Graduate School, National Fisheries University of Busan, 1 – 32.

---

2006년 6월 30일 접수

2006년 8월 2일 수리